

学校编码: 10384

分类号_____密级 _____

学号: 200435018

UDC _____

厦门大学

硕士学位论文

层单元结构模型在高层建筑结构方案
设计中的应用

The Layer Finite Element Model of High-rise Building
Structure in Scheme Design Stage

花 林 林

指导教师姓名: 石 建 光 教授

专 业 名 称: 结 构 工 程

论文提交日期: 2007 年 5 月

论文答辩日期: 2007 年 6 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘 要

随着科学技术的进步和经济的发展,各种类型的结构体系随之迅速发展,结构选型问题在高层建筑设计中的重要性空前凸显,正日益受到土木工程师和广大设计人员越来越多的关注。但是,在结构选型方面目前国内外尚未对其理论进行充分的研究,这是因为结构选型是一个非常复杂的决策问题,具有强烈的综合性,包含大量不确定性(随机性、模糊性和未确知性)信息,一般认为用传统的准则法或者数学规划法对此问题进行建模和求解很难奏效。

本文主要针对结构的安全性问题,提出适用于高层建筑结构方案设计阶段的模型简化分析方法,作为辅助建筑师方案设计时的结构选型工具,并能给出主要构件大致尺寸,作为结构施工图设计的基础参数。

论文首先介绍了结构选型方法的研究现况,探讨了结构选型方法在实际工程中难于推广应用的原因,并指出实际工程中需要一种合理的结构选型阶段计算方法来解决建筑与结构间的矛盾,完善设计流程,节约建设成本。

其后,简述了有限元法在建筑结构中的应用情况,并结合超级元的思想和结构变形的特点,提出层单元模型。主要论述了层单元模型的概念和计算方法,通过分析和对比层单元模型计算方法与现有常用计算方法,证明了层单元模型的可行性和合理性,层单元模型能满足方案设计阶段的计算精度要求。

再之后,利用已建立起来的结构计算模型计算已有各结构体系的工程实例,证明该计算方法满足方案设计阶段的计算精度要求。再将程序界面简化,试图应用于实际工程结构的方案设计阶段,完成结构选型并确定主要构件的大致尺寸。

最后,总结了将层单元模型方法应用在高层建筑结构方案设计阶段的优点,并指出了可进一步完善的地方。

关键词: 高层建筑; 结构选型; 层单元模型

ABSTRACT

With technology progressing and economy developing, all kinds of type structure system develop rapidly. The structure form selection question is becoming important unprecedented and receiving engineering and architects more and more attention. At present, domestic and foreign not yet progress the full research in the structure form selection aspect about its theory. Because the structure form selection is an extremely complex decision-making question, has the intensely integrative characteristic, contains mass incertitude information. Generally thinking, it is hard to use traditional rules or math layouts to model the structures to solve the problem.

This thesis is mainly aimed to the security of the structures, a brief model of high-rise buildings is produced for analyzing in scheme design stage, assists architects to select the structure form, at the same time, the size of the main members is provided, which can be used for the structure shop drawing design.

Firstly, the research status of the structure form selection is introduced, the reasons of the structure form selection methods can't be widely used in practical engineering are pointed out, but we indeed need a reasonable method of the structure form selection to solve the inconsistency of architecture and structure, to prefer the design flow and to reduce the construction cost.

Secondly, the application of the finite element method is used in structures is described, then the concepts of the super finite element and the characteristic of the deformation of structures are considered, the layer finite element is brought forward. The concepts and computing methods of the layer finite element is discussed chiefly. The layer finite element are compared to the usual analysis method, the layer finite element model is proved to be feasible and rational, can be used in the scheme design stage.

Thirdly, the layer finite element structure model is used to analyze engineering examples of different kinds of structure systems; the model is proved to be correct, can be used in the scheme design stage. Then, the interface of the program is simplified, to make sure it can be used by architects in the scheme design stage for

practical engineering, and it can be used to select the form of the structure and offer the approximate dimension of main members.

Finally, some conclusions are drawn on the excellences of using the layer finite element to analyze high-rise buildings in scheme design stage, and some distinctive advices are given for further researching.

Key words: high-rise buildings; the structure form selection; the layer finite element

目录

第一章 绪论	错误！未定义书签。
§1.1 引言	错误！未定义书签。
§1.2 本文的主要内容	错误！未定义书签。
第二章 结构选型研究综述	错误！未定义书签。
§2.1 结构选型的研究现状及发展趋势	错误！未定义书签。
2.1.1 目前国内外已有的结构选型方法及其各自的优缺点	错误！未定义书签。
2.1.2 结构选型的解决途径	错误！未定义书签。
§2.2 课题的总体思路	错误！未定义书签。
第三章 层单元结构模型	错误！未定义书签。
§3.1 有限元在建筑结构中的应用	错误！未定义书签。
3.1.1 一般有限元法及其在建筑结构中的应用	错误！未定义书签。
3.1.2 超级元法	错误！未定义书签。
3.1.3 层单元模型的提出	错误！未定义书签。
§3.2 层单元结构模型的计算方法	错误！未定义书签。
3.2.1 概述	错误！未定义书签。
3.2.2 层块体单元	错误！未定义书签。
3.2.3 梁、柱单元	错误！未定义书签。
3.2.4 剪力墙单元	错误！未定义书签。
3.2.5 楼板单元	错误！未定义书签。
3.2.6 层单元结构总刚度	错误！未定义书签。
§3.3 层单元模型精度分析	错误！未定义书签。
3.3.1 单榀框架计算精度分析	错误！未定义书签。
3.3.2 单片剪力墙计算精度分析	错误！未定义书签。
第四章 层单元结构模型在方案设计阶段的应用	错误！未定义书签。

§4.1 方案设计阶段结构的荷载计算	错误！未定义书签。
4.1.1 竖向作用力的估算.....	错误！未定义书签。
4.1.2 水平作用力的估算.....	错误！未定义书签。
4.1.3 荷载效应组合.....	错误！未定义书签。
§4.2 方案设计阶段构件尺寸初选	错误！未定义书签。
4.2.1 梁尺寸初选.....	错误！未定义书签。
4.2.2 柱尺寸初选.....	错误！未定义书签。
4.2.3 墙尺寸初选.....	错误！未定义书签。
§4.3 工程实例	错误！未定义书签。
4.3.1 高层建筑结构的控制性参数.....	错误！未定义书签。
4.3.2 框架结构体系.....	错误！未定义书签。
4.3.3 框架-剪力墙结构体系	错误！未定义书签。
4.3.4 剪力墙结构体系.....	错误！未定义书签。
§4.4 程序说明	错误！未定义书签。
§4.5 工程应用	错误！未定义书签。
4.5.1 实例一.....	错误！未定义书签。
4.5.2 实例二.....	错误！未定义书签。
第五章 结论和展望	错误！未定义书签。
§5.1 结 论	错误！未定义书签。
§5.2 展 望	错误！未定义书签。
作者在攻读学位期间公开发表的论文	错误！未定义书签。
参考文献	错误！未定义书签。
致谢.....	71

厦门大学博硕士论文摘要库

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1 INTRODUCTION.....	错误！未定义书签。
§1.1 INTRODUCTION.....	错误！未定义书签。
§1.2 THE MAIN CONTENTS OF THE TEXT	错误！未定义书签。
CHAPTER 2 SUMMARIZE THE RESEARCH STATUS OF STRUCTURE FORM SELECTION	错误！未定义书签。
§2.1 THE RESEARCH STATUS AND DEVELOPMENT TREND OF STRUCTURE FORM SELECTION	错误！未定义书签。
2.1.1 The domestic and foreign existing methods of structure form selection and the advantages and disadvantages of each method	错误！未定义书签。
2.1.2 Development trend of structure form selection	错误！未定义书签。
§2.2 THE STUDY WAY OF THE TEXT	错误！未定义书签。
CHAPTER 3 THE LAYER FINITE ELEMENT	错误！未定义书签。
§3.1 THE FINITE ELEMENT METHOD AND ITS APPLICATION IN STRUCTURES.....	错误！未定义书签。
3.1.1 the finite element method and its application in structures	错误！未定义书签。
3.1.2 The super finite element.....	错误！未定义书签。
3.1.3 Production of the layer finite element.....	错误！未定义书签。
§3.2 THE COMPUTING METHOD OF LAYER FINITE ELEMENT	错误！未定义书签。
3.2.1 Summarize	错误！未定义书签。
3.2.2 The element of the block.....	错误！未定义书签。
3.2.3 The element of blem and cloumn.....	错误！未定义书签。
3.2.4 The element of shear wall	错误！未定义书签。
3.2.5 The element of slab.....	错误！未定义书签。

3.2.6 The stiffness matrix of the layer finite element错误！未定义书签。

§3.3 THE PRECISION OF THE LAYER FINITE ELEMENT MODEL.....错误！未定义书签。

3.3.1 The precision of framed structure错误！未定义书签。

3.3.2 The precision of shear wall错误！未定义书签。

**CHAPTER 4 THE LAYER FINITE ELEMENT MODEL IN
SCHEME DESIGN STAGE 错误！未定义书签。**

§4.1 LOAD CALCULATION IN SCHEME DESIGN STAGE错误！未定义书签。

4.1.1 The vertical force错误！未定义书签。

4.1.2 The horizontal force错误！未定义书签。

4.1.3 Combination of forces.....错误！未定义书签。

**§4.2 THE SIZE OF MEMBERS SELECTION IN SCHEME DESIGN
STAGE 错误！未定义书签。**

4.2.1 The size of blem selection.....错误！未定义书签。

4.2.2 The size of column selection.....错误！未定义书签。

4.2.3 The size of shear wall selection错误！未定义书签。

§4.3 ENGINEERING EXAMPLES.....错误！未定义书签。

4.3.1 The control parameters of high-rise buildings错误！未定义书签。

4.3.2 Framed structure错误！未定义书签。

4.3.3 Fram-shear wall structure错误！未定义书签。

4.3.4 Shear wall construction.....错误！未定义书签。

§4.4 THE PROGRAMME INTRODUCTION.....错误！未定义书签。

§4.5 ENGINEERING APPLICATION 错误！未定义书签。

4.5.1 Example 1错误！未定义书签。

4.5.2 Example 2错误！未定义书签。

CHAPTER 5 CONCLUSION AND EXPECTATION错误！未定义书签。
签。

§5.1 CONCLUSION	错误！未定义书签。
§5.2 FUTURE RESEARCH.....	错误！未定义书签。
REFERENCES.....	错误！未定义书签。
ACKNOWLEDGEMENTS	71

厦门大学博士论文摘要库

第一章 绪论

§ 1.1 引言

在建筑设计过程中，建筑师与结构师从事不同的工作，肩负不同的使命。对建筑师来说，要解决室内外环境、建筑空间与体型和使用功能等问题。建筑师会考虑到结构的可能性，但他们更注重美观与功能要求。对结构工程师来讲，要选择合适的结构形式，选用结构材料，保证结构的承载力、刚度和稳定性，并在一定的使用年限内有足够的耐久性，同时要考虑到结构施工的合理与方便，使建筑更经济[1-1]。

建筑与结构有其各自的特殊要求，最终形成的建筑物既要保证各种设施正常有效地运行，又要满足房屋的使用功能，常常会出现发生一些矛盾，主要表现为[1-2]：

1、功能布置与结构布置间的矛盾。对于高层建筑，经常将各种功能用房布置在一个单体建筑物中，它的结构体系必然要能满足每一种功能的空间要求。从结构观点看，希望将小跨度结构布置在建筑物的较低层，而大跨度坐落在较高层，这样中间柱子就有可能沿建筑物高度由下而上逐渐减少。而事实上，大跨度的办公、商业和停车场等功能用房却坐落在建筑的较低层，小跨度的住宅等布置在较高层，这种情况下，容易造成建筑物质量和刚度沿高度分布不均，不利于抗震。

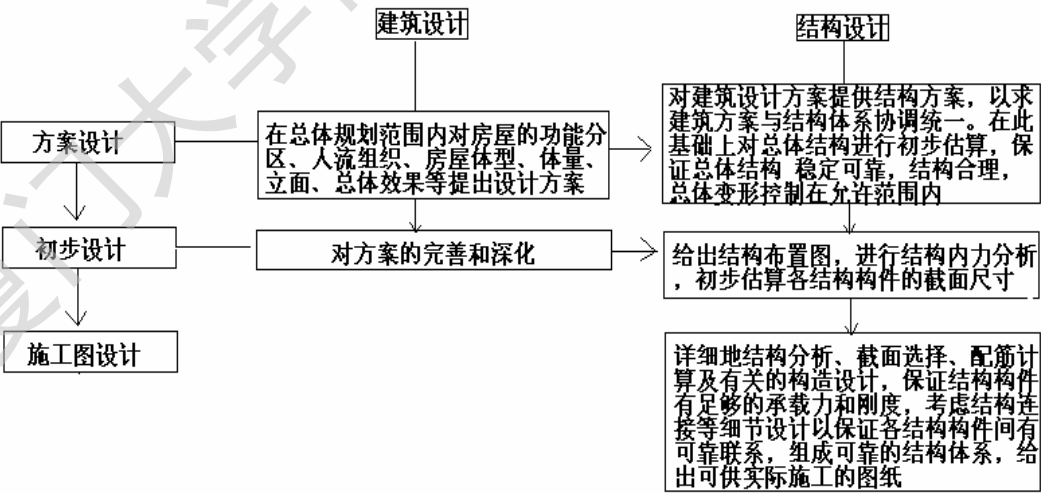
2、平面布置和结构布置间的矛盾。结构上希望建筑的平面布置对称、规整，但实际上由于建筑面积的限制、使用功能的要求等等因素，建筑平面的布置呈现多样化，这导致建筑平面上墙体布置不对称、不协调，造成建筑结构质量和刚度在平面分布上的不对称、不协调，同样不利于抗震。

3、体型与结构间的矛盾。高层建筑发展至今，由于其受力性能的特殊性，因而在体型上受到很大的限制，通常为圆形、矩形、三角形、十字形、椭圆形。而我国目前的高层建筑型式多为矩形和棱形。这些形体在受力性能及造价上均

不占优势，虽然结构师知道结构的最佳形状，但由于业主一开始就会提出一种特定的形式，以满足场地和使用的要求，或建筑作为特殊标志性建筑在意义上的象征性要求，往往很难实现这种最优化的结构方案。

目前，建筑工程设计一般为三个阶段，即方案阶段、初步设计阶段和施工图阶段[1-3]，设计流程如图 1-1 所示。在这样的流程中，结构设计总是在建筑师大体完成了建筑设计方案之后再介入的，针对建筑方案提出结构方案。而在建筑设计阶段确定的建筑体型等因素的改变，都将引起结构受力的改变，对于高层建筑影响尤为显著[1-4]。如在建筑物方案设计时，改变了受风面的形状，建筑物所受的风荷载及其合力作用点将会引起相应变化；改变建筑重力荷载分布特征，建筑物所受的水平地震作用及其合力作用点也会引起相应的变化。如果建筑设计人员进行平面设计和竖向设计构思时，不依据基本的结构设计技术原理和有关结构的受力特性，往往会使结构工程师不能有效地选择合适的结构体系，导致结构的不稳定等问题[1-5]。结构设计成为在建筑设计方案被提出后进而寻求结构上的解决方案，使结构师的作用降低到在建筑师提出建筑形式以后去寻求结构上的解答，使结构设计完全处于从属地位[1-2]。

图 1-1 建筑工程设计流程

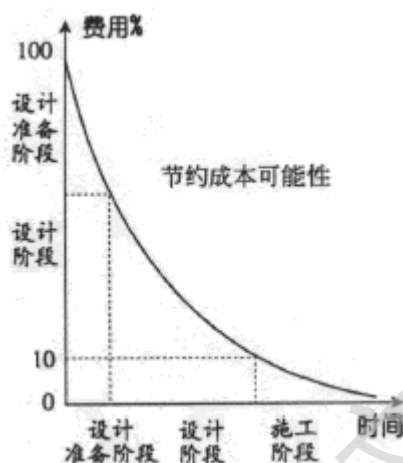


资料来源：江见鲸，郝亚民：《建筑概念设计与选型》，机械工业出版社，2004 年。

设计阶段是工程建设全过程中投资控制的重点[1-6]，由图 1-2 可见节约建设成本的可能性在设计准备阶段和设计阶段由 100%迅速降低，至施工开始已降

至 10%左右。因此，控制建设成本的关键在于设计准备或方案设计阶段[1-7]。

图 1-2 设计各阶段对项目投资的影响



资料来源：许晓芳：《房地产开发的建安成本控制要从规划设计阶段抓起》，当代建设, 1999 年。

结构初步设计是结构设计的第一步，也是结构设计过程中最关键的一步，结构初步设计的好坏直接影响结构设计质量的好坏[1-8]。对于高层建筑，依据结构高度选择合适的结构体系和恰当地设计选择建筑物的平面形状、剖面 and 总体型，都是在初步设计阶段由建筑确定的[1-9]。显然相对于安全性和经济性，建筑师更注重建筑的适用性和美观性，强调创作的美观、新颖、标新立异和创作的最大自由度，建筑师所追求的特殊的建筑形式会给结构设计带来很大的困难，需要付出巨大的成本来支撑。由于在建筑方案设计和结构初步设计阶段对为满足建筑造型要求所引起的资源、造价增加没有定量的概念，容易造成建筑方案已经确定，而在结构设计阶段通过计算发现结构体系不能满足要求，或为满足建筑形式需要投入过额的成本，而使设计陷入反复修改的被动局面或导致建设成本巨增，甚至方案最终被否决。如中央电视台新总部大楼为满足建筑形式的新颖而不得不采用有大量冗余构件的超静定网筒型结构体系，使造价高达 80 亿之多，而同样功能的建筑本来可以用 1/10 的造价盖起来，就是说要花 10 倍的代价来解决结构的问题[1-10]。

虽然目前人们对现有各种结构分析已经形成一整套理论，现有的规范也规定了结构体系选型时需考虑的重要因素及一些定性的规则与定量限值，但没有一个系统且便于设计人员进行具体操作的选型设计过程和方法。有学者提出通

过建筑与结构间的主动协商来解决[1-2]。但在实际操作上,结构和建筑专业之间仍存在着技术共识的空白,而相应的教学和现代信息的分离又继续限制着建筑师和结构工程师之间创造性地相互配合的可能性[1-11]。对于一些复杂的结构,结构师单凭概念也很难定量地给出特殊建筑形式带来的成本增量,建筑师如果每改变方案就要咨询结构师也有悖设计流程,约束了建筑师的创造性。这些问题都限制了建筑与结构间的主动协商来解决建筑与结构间的矛盾的可能性。

鉴于结构选型对于工程质量和建设成本的直接影响,可见结构选型的重要性。由于专业分工和设计流程等因素限制,很难通过建筑与结构间的协调配合来进行结构选型。因此,国内外的专业人员不断地寻求更合理、科学地进行结构选型的方法。

§ 1.2 本文的主要内容

本文综述了结构选型对高层建筑设计的重要意义,结构选型的研究现状和选型方法理论的发展趋势,研究利用结构整体受力分析结果,在方案设计阶段量化确定结构选型的可行性和合理性。结合超级元的思想和高层建筑结构的变形特点,通过引入层单元法,建立高层建筑的简化分析模型。首先,层单元刚度矩阵由层块体刚度和层中所有构件对层单元的刚度贡献矩阵组成,再将层单元刚度矩阵组装成结构总刚度矩阵进行结构整体受力分析,其次,将用层单元结构模型对各结构体系的分析计算结果与文献数据或常用结构分析软件设计数据结果比较,以验证该模型理论计算方法的正确性和准确性。最后,将层单元结构模型运用在方案设计阶段,在建筑结构仍存在很多不确定因素,而只有主楼高度、地上层数、长宽比、高宽比、最大风压、建筑功能、设防烈度、设计风速、场地类别等信息的条件下,利用计算机语言编程,提供能够给建筑师操作的界面,进行结构的整体分析计算,通过调整构件尺寸或结构体系,直至结构满足设计规范要求,最终输出合理的结构体系和主要构件的大致尺寸,以指导建筑的进一步设计,并作为结构详细设计的基础参数。将程序应用于工程实例的方案设计中,综合考虑建筑平、立面信息,场地环境信息和材料信息,

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库